ASPECTOS DO MICROCLIMA EM AMBIENTES EXTERNOS DE FAVELA: O CASO DA FAVELA PARAISÓPOLIS, SÃO PAULO, BRASIL

Edelci Nunes da SILVA[1]
Helena RIBEIRO[2]

RESUMO

Nesta pesquisa foram estudados os aspectos do microclima, em ambiente construído em uma classe específica de uso do solo, as favelas, a fim de compreender o impacto dessas áreas em sua atmosfera imediata.

Estudou-se o caso da favela Paraisópolis, localizada no distrito de Vila Andrade - região Sudoeste da cidade de São Paulo. Foram feitas medições horárias de temperatura e umidade em um setor da favela e em um ponto fora dela considerando-se o padrão de arruamento e adensamento, entre 19 de fevereiro e 31 de julho de 2003.

A articulação com a escala local foi feita utilizando-se dados da Estação Meteorológica Experimental do Laboratório de Climatologia e Biogeografia da Universidade de São Paulo e do Instituto Astrônomico e Geofísico da Universidade de São Paulo, respectivamente na zona Oeste e Sul, em São Paulo.

O uso e ocupação do solo e o arruamento consistiram em fatores diferenciadores das características higrotérmicas. Os ambientes de favela aguçaram os extremos de temperatura mais elevadas e mais baixas. Os dados indicaram a produção de umidade.

INTRODUÇÃO

A cidade de São Paulo é uma das maiores aglomerações urbanas do mundo e com número muito grande de problemas a resolver, ligados ao processo de urbanização e à ausência de política habitacional. Cresceram, então, em número e em extensão, as áreas de favelas.

A partir de 1970 e nas décadas 1980 e 1990, a favelização na cidade ganha grandes proporções. Em 2000, a população em favelas no município atinge 8,5% (IBGE, 2000) ou 11,1%, segundo a PMSP/CEM. Enquanto a população total do município cresceu 0,9% ao ano, a população em favelas cresceu 3,84% ao ano (IBGE, 2000).

A favela deixou de ser um lugar exclusivamente de barracos de madeira – embora eles ainda estejam presentes – para dar lugar às casas de alvenaria com laje estrutural ou cobertura de telha amianto. A instalação da infra-estrutura básica (asfalto, água, energia elétrica) e da própria casa (alvenaria), não refletiu numa melhoria ampla nas condições de habitabilidade. Além disso ocorrem subtração de quase totalidade da vegetação e alta impermeabilização dos lotes – uma vez que são totalmente construídos – devido ao ordenamento espontâneo e denso com ruas irregulares e muito estreitas. Esses fatores expõem a população residente a riscos nem sempre visíveis, como a ausência de insolação

[1] Mestre em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, Brasil. Professora de Geografia Física no curso de Licenciatura em Geografia das Faculdades Integradas Teresa Martin. enunes@usp.br
[2] Professora Titular do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, Brasil. lena@usp.br.

e ventilação adequadas, a precariedade das construções e isolamento do ambiente externo, fatores que estão associados com maiores incidências de doenças.

Assim, é relevante avaliar as condições ambientais atmosféricas em um ambiente de favela – no caso, a favela Paraisópolis, situada na região Sudoeste de São Paulo –, um dos setores mais ricos da cidade, onde, porém, encontram-se as marcas da segregação espacial e social.

A massa edificada de uma cidade é capaz de alterar as características originais do clima natural do sítio onde se localiza. Além disso, as atividades humanas, nas cidades, despejam, diariamente, toneladas de poluentes na atmosfera. A poluição atmosférica, por sua vez, altera os atributos climáticos de várias maneiras, contribuindo para aumentar as temperaturas de superfície, pois a poluição dificulta a saída da energia calorífica do sistema. A essas alterações que consideram o espaço físico natural e a cidade como um fato social, denominou-se clima urbano3.

O clima urbano, amplamente estudado nas cidades situadas nas latitudes médias desde a década de 1950, ganhou importância, no Brasil, a partir da década de 1970, principalmente devido aos problemas ambientais que se avolumavam nas grandes cidades brasileiras, decorrentes do processo acelerado de urbanização.

Embora a alteração climática nas cidades ocorra no nível da escala local, ou seja, na cidade como um todo, as diferenciações na micro-escala – nos ambientes intra-urbanos – criam condições mais ou menos favoráveis ao conforto climático para seus habitantes.

LACAZ, em 1972, já ressaltava que a biometeorologia médica deveria ser amplamente estudada e as pesquisas bem conduzidas nas áreas de clima tropical. O autor definiu, entre outros ramos da biometeorologia humana, a biometeorologia urbana como o estudo da "influência sobre a saúde, dos microclimas, em edifícios ou cidades, bem como o efeito do desenho arquitetônico e do planejamento urbano sobre estes microclimas" (LACAZ 1972 , p. 40).

Pesquisadores brasileiros da área de climatologia urbana têm mostrado interesse e preocupação em estudos relacionados ao clima urbano e à saúde, e apontam como uma área que precisa ser mais e melhor estudada (MONTEIRO 1976 e 1990; TARIFA e ARMANI 2001; MENDONÇA 2003).

JENDRITZKY et al (1994) consideram ser de extremo valor o conhecimento dos parâmetros bioclimáticos nos espaços modificados pelo homem, como o interior das ruas e dos quarteirões e dos parques. As ligações entre o clima e saúde são muitas e variadas e não se restringem aos efeitos da poluição do ar.

O organismo humano está em constante relação com o ambiente atmosférico. Para manter o calor interno do corpo entre 36,5oC e 37,5oC os seres humanos desenvolveram um sistema auto-regulador de temperatura. Uma pessoa saudável, quando exposta a condições extremas do meio atmosférico, realizará a auto-regulação e, na maioria das vezes, o processo nem é percebido. Contudo, essas condições de adaptabilidade do ser humano são extremamente complexas e variáveis. Dependem de fatores, como idade, sexo, local de origem, entre outros. O grupo de risco é constituído por crianças, idosos, pessoas doentes e deficientes, mulheres grávidas, pessoas subnutridas, entre outras, que são mais vulneráveis aos fatores estressantes (WHO/UNEP 1990; RIBEIRO 1996; JENDRITZKY et. al 1994)

Em população de baixa renda, as condições econômicas muitas vezes não permitem que utilize equipamentos como ar condicionado, ventiladores e aquecedores para regular as condições microclimáticas internas desfavoráveis. Além disso, as suas construções são precárias, com materiais e técnicas que dificultam o isolamento térmico adequado. Essa

[3] Clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. (MONTEIRO 1976, p. 95)

população fica mais vulnerável às condições climáticas extremas. Este trabalho teve por principal objetivo estudar, em uma área de favela, na cidade de São Paulo, a influência do uso do solo nos parâmetros microclimáticos da atmosfera imediata

MÉTODOS e TÉCNICAS

Referencial Teórico

A investigação do microclima, na presente pesquisa, orientou-se pela proposta teórica de Monteiro (MONTEIRO, 1976 e 1990), considerando a abordagem rítmica do clima[4] e o Sistema Clima Urbano[5] (SCU).

O SCU tem por objetivo compreender a organização climática peculiar da cidade, ou seja, as relações complexas entre a atmosfera e as diferenciações da estrutura urbana. Como um sistema aberto e complexo, o clima urbano tem na cidade um componente essencial na transformação que ocorre na atmosfera urbana. As maiores expressões da transformação da atmosfera pela urbanização são a ilha de calor e a poluição atmosférica (MONTEIRO,1976, p. 96-7).

O SCU permite tratar o clima urbano em qualquer nível de organização hierárquica, desde que este esteja articulado com as outras escalas de abordagem.

A cidade, em relação à organização hierárquica, insere-se na escala climática local. O local, por sua vez, é parte de um conjunto maior. A cidade, então, insere-se em níveis do sub-regional, regional e zonal e também se divide em setores inferiores da escala microclimática (MONTEIRO 1976, p. 96)

Neste trabalho, a organização hierárquica considerada foi a escala microclimática. Procurou-se identificar as transformações que ocorrem na atmosfera em uma ocupação irregular do espaço urbano – como é o caso das favelas. O fator de organização e diferenciação dos aspectos microclimáticos considerado foi o arruamento e o adensamento das construções.

Os instrumentos de coleta de dados foram dispostos em ambientes no interior da favela, considerando a largura das ruas/vielas. Com isso, buscou-se verificar se o ordenamento espacial e adensamento consistem em fator de transformação das condições térmicas e de umidade na escala micro.

Para controle, foram instalados instrumentos de medição em uma rua padrão do bairro do Morumbi - em um ambiente de não favela.

A articulação com a escala local da cidade foi feita utilizando os dados de duas estações meteorológicas da cidade de São Paulo: a) Estação Experimental do Laboratório de Climatologia e Biogeografia da USP (ELCB) situada no campus da cidade Universitária, Zona Oeste e b) Estação Meteorológica do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo – (IAG/USP) situada no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Zona Sul.

O período de medição das condições de temperatura e umidade compreendeu três estações do ano: verão, outono e inverno. As medições foram iniciadas em 18 de fevereiro de 2003, compreendendo o verão, e foram encerradas no dia 31 de julho de 2003, no inverno, totalizando cinco meses e dez dias de observação.

PESQUISA DE GABINETE

[4] A abordagem rítmica foi proposta por Sorre e utilizada por MONTEIRO (1976). Segundo SORRE "o clima é a série dos estados atmosféricos acima de um lugar em sua sucessão habitual" (apud MONTEIRO 1976 p.22) .
[5] O autor embasa-se na Teoria Geral dos Sistemas para elaborar a proposta do Sistema Clima Urbano.

A pesquisa de gabinete contou com as seguintes etapas:

a) A pesquisa bibliográfica: procurou-se abranger a literatura para compreender: as questões relacionadas ao processo de urbanização na cidade de São Paulo e o crescimento das favelas; a área de estudo – a favela Paraisópolis; a caracterização climática da cidade de São Paulo; as alterações climáticas nas áreas urbanas e suas implicações com a saúde – como a bioclimatologia urbana e conforto térmico – a degradação ambiental nas áreas de favelas e entorno doméstico. Buscou-se verificar, na bibliografia específica sobre clima e saúde, se as condições microclimáticas constatadas empiricamente, no campo, correspondem ao que os autores colocam como condições de risco à saúde da população;

b) A pesquisa de dados: buscou-se os dados meteorológicos nas estações do Laboratório de Climatologia e Biogeografia da USP e do Instituto Astronômico e Geofísico da USP; dados de população total e da população favelada do município de São Paulo em *sites* na *internet* de órgãos municipais e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);

c) Pesquisa documental: Carta topográfica e fotografias aéreas da área de estudo; censo do Instituto Diadema de Estudos Municipais (IDEM), Censo da Secretaria Municipal de Habitação e Desenvolvimento Urbano e Diagonal Urbana (SEHAB/Diagonal).

PESQUISA DE CAMPO

Dados Climáticos

A escolha dos pontos de coleta de dados climáticos

A escolha dos pontos de coleta contou com duas etapas preliminares:

a) A análise do material cartográfico e aerofotogramétrico e;

b) Visita ao campo

Na seleção dos pontos, em primeiro lugar, utilizou-se a carta hipsométrica da Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S/A (EMPLASA) – escala 1:10.000 Folha Vila Campo Belo – e fotografias aéreas Base S/A – escala 1:6:000, para associar as características topográficas e o uso do solo – tipo de construção predominante, afastamento das ruas e vielas e adensamento – da área em estudo.

Após uma análise preliminar da carta e da fotografia aérea, realizou-se uma visita ao campo a fim de levantar outros elementos que pudessem ajudar na escolha dos pontos de coleta dos dados de temperatura e umidade.

De posse das informações cartográficas e de campo, definiu-se uma área homogênea do ponto de vista topográfico – foi escolhida uma área de fundo de vale – e do ponto de vista do uso do solo – com predominância de construções residenciais e pequeno comércio.

A escolha do fundo de vale deu-se com o objetivo de eliminar os fatores de diferenciação topográfica, como exposição da vertente e altitude, pois se sabe que esses fatores interferem na diferenciação microclimática de um lugar, por exemplo, as vertentes sul, em nossa latitude, geralmente são mais frias do que as vertentes norte. Dessa maneira, pretendeu-se diminuir ao máximo esses fatores de interferência.

Com relação ao uso do solo, procurou-se selecionar uma área bem caracterizada do ponto de vista do ordenamento típico de um aglomerado subnormal6 da cidade de São Paulo, ou

[6] Aglomerado subnormal, segundo o IBGE, significa um conjunto de favelas e assemelhados constituído por unidades habitacionais dispostas de forma desordenada e densa e carente de serviços públicos essenciais (www.ibge.gov.br).

seja, com predominância de casas de um ou dois andares, muito adensadas, presença de vielas estreitas de acesso às casas no interior das quadras e ausência de vegetação.

Delimitada a área, selecionou-se, no seu interior, quatro pontos onde foram instalados os postos com os registradores digitais. O critério de seleção dos pontos no interior da área delimitada foi a largura das ruas e/ou espaço de circulação . (Quadro I) e (Figuras 1,2,3,4 e 5)

Quadro I – Localização e principais características dos Postos da favela, Rua Silveira Sampaio, ELCB e IAG

Postos	Localização	Largura da rua (Aproximada)	Altitude (metros)	Orientação	Latitude/Longitude
A	Trav. N.Sra. Aparecida	4,0 metros	Entre 765 e 760	N-S	
B	Rua Rudolf Lotze	8,0 metros	Entre 765 e 760	L-O	
C	Córrego do Brejo	1,0 metro	Entre 760 e 755	-	
D	Viela do Mota	1,2 metro	Entre 765 e 760	N-S	
H (*)	Rua Silveira Sampaio	12 metros	Entre 765 e 770	N-S	
ELCB	Campus-Cidade Universitária – Zona Oeste	_____	749	____	23^{o} 33' S / 46^{o} 43'W
IAG	PEFI – Água Funda – Zona Sul	_____	799,2	____	23^{o} 39'S / 46^{o} 37'W

***Organização**: Edelci Nunes (*) Posto fora da favela*

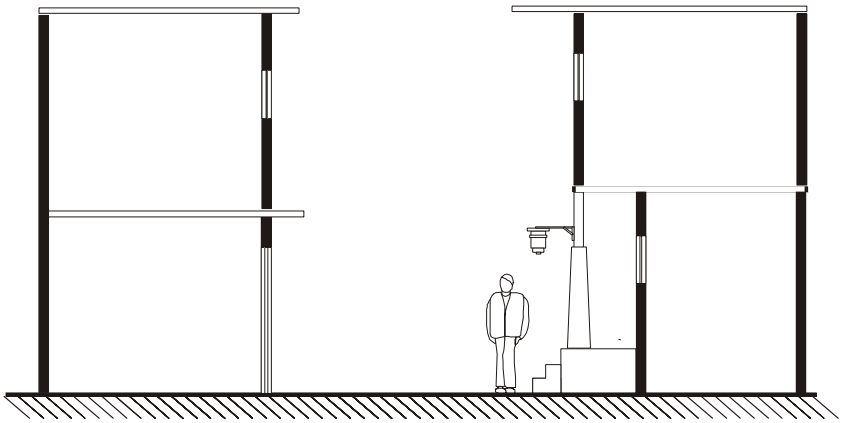

Figura 1 – Corte transversal s/escala - Travessa Nossa Senhora Aparecida - POSTO A

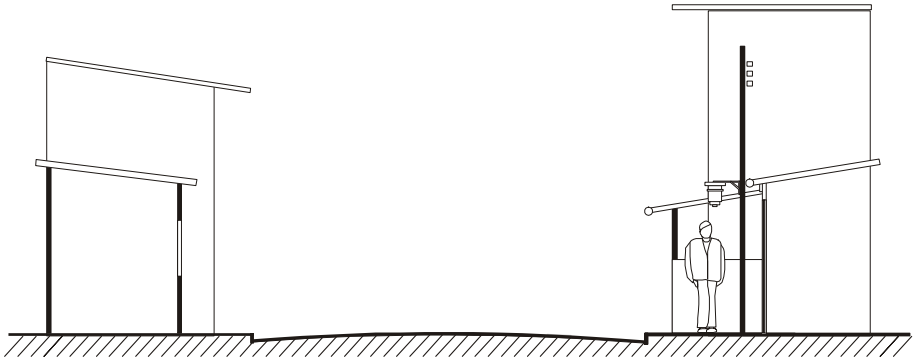

Figura 2 – Corte transversal s/escala - Rua Rudolf Lotze – POSTO B

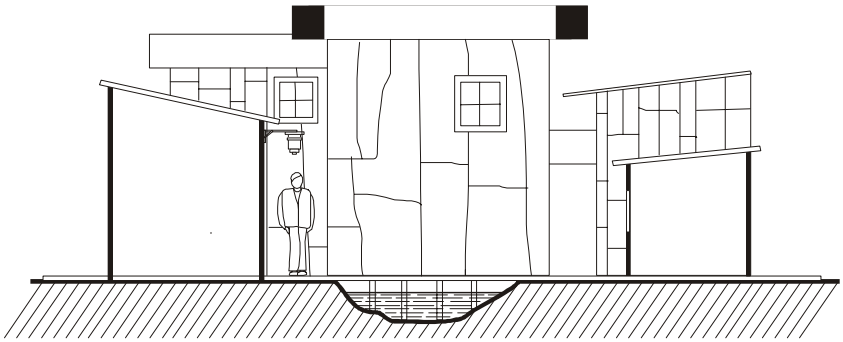

Figura 3 – Corte transversal s/escala - Córrego do Brejo – POSTO C

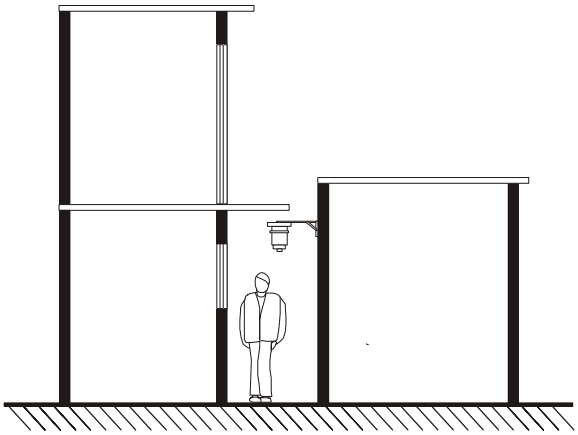

Figura 4 – Corte transversal s/escala - Viela do Mota – POSTO D

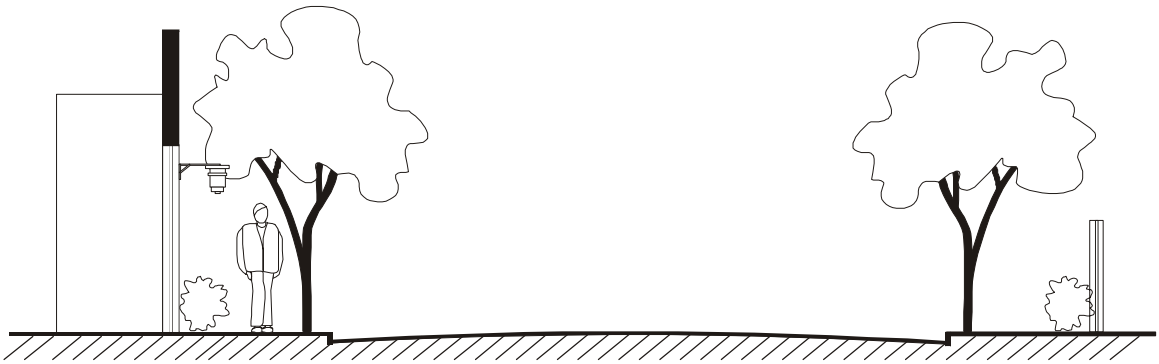

Figura 5– Corte transversal s/escala - Rua Silveira Sampaio – POSTO H

OS MINIABRIGOS METEOROLÓGICOS ASPIRADOS (MMA) E OS REGISTRADORES DIGITAIS (DATALOGGERS)

Os Miniabrigos Meteorológicos Aspirados (MMA), desenvolvidos no Laboratório de Climatologia e Biogeografia da Universidade de São Paulo, foram usados para instalação dos registradores digitais. Trata-se de abrigos quase estanques à luz, com paredes que proporcionam isolamento térmico. Possuem restrito volume interno e o ar é continuamente aspirado, o que elimina a interferência direta das variações na intensidade e direção do vento no desempenho dos instrumentos (AZEVEDO e TARIFA 2001 e 2002). AZEVEDO e TARIFA (2002) demonstraram que os microregistradores digitais de temperatura e umidade, no interior do MMA, apresentam resultados mais confiáveis do que os mesmos instrumentos no interior do abrigo meteorológico convencional.

Os miniabrigos meteorológicos foram instalados numa altura de aproximadamente 2m do solo. Somente no Posto A – Travessa N.Sra. Aparecida – o miniabrigo foi instalado a aproximadamente 2,5 m. Nessa travessa, como as calçadas são altas, a 2 metros acima do nível da rua, o abrigo ficaria acessível às crianças.

Para a medição das temperaturas e umidade utilizou-se os miniregistradores digitais da Marca Onset, Modelo Stow Away XT1027 .

Os registradores digitais ficaram acondicionados em Miniabrigo Meteorológico Aspirado (MMA). Os registros das temperaturas e umidade do ar foram programados de 1h em 1h, seguindo o padrão das estações meteorológicas convencionais. Ao programar-se os equipamentos optou-se pelo registro da média do intervalo entre as medições. Isto significou que os aparelhos registraram temperatura e umidade média do intervalo de 1 hora.

ARTICULAÇÃO COM A ESCALA LOCAL

Para articulação dos dados da escala micro (favela) com a escala local (cidade) foram utilizados dados de duas estações meteorológicas da cidade de São Paulo.

a) Estação Meteorológica Automática Experimental do Laboratório de Climatologia e Biogeografia (ELCB)

A ELCB situa-se, no prédio do Departamento de Geografia da FFLCH da USP - Cidade Universitária – , zona oeste da cidade de São Paulo. A estação automática da marca

[7] Os miniregistradores digitais e os miniabrigos meteorológicos foram gentilmente cedidos pelo Laboratório de Climatologia e Biogeografia do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo.

Campbell encontra-se a uma altitude de 749,05 m. Neste trabalho, utilizaram-se os registros de temperatura do ar horários a 2m do solo e umidade relativa horário do ar.

Segundo RIBEIRO e AZEVEDO (2003) o campus da Universidade de São Paulo, onde está localizada a ELCB, constitui uma área intermediária com relação à ilha de calor da metrópole. As áreas amplas e cobertas por gramados e manchas de vegetação arbórea contribuem para amenizar a ilha de calor da cidade.

b) Estação Meteorológica do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo – IAG

A estação do IAG realiza observações horárias da temperatura do ar e da umidade do ar entre as 7h as 24h. A leitura da umidade do ar é feita a partir da leitura dos bulbos seco e úmido de um psicrômetro de aspiração tipo Assmann com motor elétrico e a leitura da temperatura do ar é feita a partir do bulbo seco do mesmo instrumento.

Os registros de umidade relativa, nos horários entre 01 e 06h, são feitos a partir de estimativa de um higrógrafo dotado de harpa de fio de cabelo (Fuess). As temperaturas dos horários entre 01h e 06h são feitas por estimativa a partir de um termógrafo de anel bimetálico (Fuess).

As temperaturas de máxima são efetuadas a partir de um termômetro de máxima com capilar de mercúrio (Fuess) e de um termômetro de mínima com capilar de álcool (Fuess), às 07h, 14h, 21h e 24h; uma leitura do termômetro de máxima também é feita às 15h.

O Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), onde está localizada a estação do IAG, pode ser considerado como uma área que ameniza a ilha de calor da metrópole paulistana. Este fato foi constatado em LOMBARDO (1985), que encontrou, nesta porção da cidade, a ocorrência de temperaturas mais baixas do interior da mancha urbana.

RIBEIRO e AZEVEDO (2003, p.14-5) também consideraram o PEFI como uma área amenizadora da ilha de calor. Contudo, os autores constataram que esse fenômeno não ocorre durante todo o dia. Durante o período da manhã, as temperaturas na estação do IAG apresentam-se mais elevadas do que em outras estações da cidade, voltando a ficar mais baixas a partir do início da tarde. Este fato está relacionado à dinâmica das brisas continentais e oceânicas e à localização da estação em uma colina.

RESULTADOS

Médias horárias da temperatura do ar

Temperaturas Médias Horárias – Verão

Os valores de temperaturas horárias médias, no verão, situaram-se entre 18,5^{o}C e 29,5^{o}C.

A distribuição horária das temperaturas médias mostrou que o IAG apresenta valores médios mais elevados do que os demais postos, exceto o Posto B, a partir das 8h até às 13 horas, quando atinge o valor máximo de temperatura média: entre 26,5^{o}C e 27,5^{o}C.

A partir das 9h, o Posto B, apresentou temperaturas médias mais elevadas do que os outros postos da favela e o Posto H (fora da favela) até a noite: às 20h; entre 14 e 15h atingiu os maiores valores de temperaturas médias – 28,5^{o}C e 29,5^{o}C.

Os Postos A, C e D –na favela – apresentaram temperaturas médias relativamente inferiores às do Posto B, no período da manhã, estendendo-se pela tarde até o início da noite. O Posto A e C atingem os valores máximos de temperaturas médias entre 14h e 15h e o Posto D às 15h – com valores entre 27,5^{o}C e 28,5^{o}C.

O Posto H apresentou temperaturas mais amenas em relação aos demais postos da favela; temperaturas máximas foram atingidas às 15 h, com valores entre 26,5° C e 27,5° C.

A partir das 15h, inicia-se o resfriamento do ar na estação meteorológica do IAG, pois os valores das temperaturas médias começam a declinar. Nos postos da favela, no Posto H e no ELCB o resfriamento inicia-se a partir das 16h. Observa-se que o Posto B e o Posto D mantiveram-se com temperaturas mais elevadas em relação aos demais postos até às 20h, indicando que nestes locais houve armazenamento de calor.

Às 23h observa-se que nos Postos A, C e H os valores de temperaturas médias situaram-se entre 20,5°C e 21,5°C – valores mais baixos do que nos outros postos, indicando maior grau de resfriamento do ar nestes locais.

No período da madrugada, observa-se que o Posto D e ELCB mantiveram-se com temperaturas médias mais elevadas, por um período maior de tempo – até às 3h. A partir daí os valores se homogeneízam, isto é, situam-se dentro do mesmo intervalo: entre 19,5°C e 20,5°C.

A estação meteorológica do IAG apresentou o menor valor de médias horárias às 6h: entre 18,5°C e 19,5°C.

Pode-se observar uma atenuação das temperaturas médias do Posto H (fora da favela) em relação aos Postos da favela, entre 2°C e 3°C, nos horários mais quentes do dia: 14h e 15h. (Figura 6)

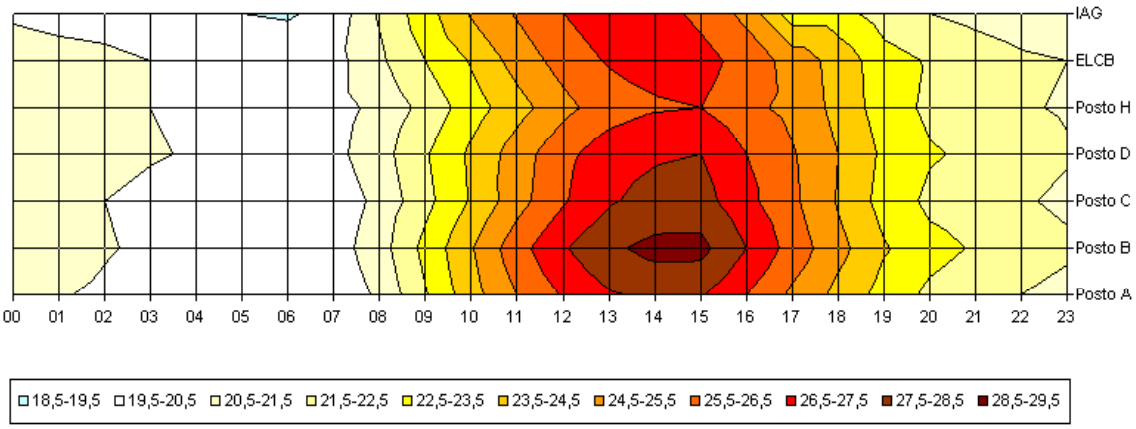

Figura 6- Temperaturas Médias Horárias em °C – Verão

TEMPERATURAS MÉDIAS HORÁRIAS – OUTONO

As temperaturas médias horárias situaram-se entre 15,5°C e 25,5°C . A distribuição horária das temperaturas mostrou que o IAG e o Posto B – apresentaram temperaturas relativamente mais elevadas do que os outros postos no início da manhã. No período entre 13h e 15h, as temperaturas médias atingiram os maiores valores, no Posto B, entre 24,5°C e 25,5°C. No IAG os valores mais elevados de temperaturas médias ocorreram entre 12h e 15h.

Nos Postos A, C e D os maiores valores de temperaturas ocorreram no período entre 14h e 15h (23,5°C e 24,5°C). Observa-se que, na estação meteorológica do ELCB, esses valores de temperaturas ocorreram nos horários das 15h e 16h, indicando um maior aquecimento do ar nesta área, nestes horários.

O Posto H apresentou temperaturas médias menores durante a maior parte do dia. Os maiores valores de temperaturas médias ocorreram entre 13h e 16h, indicando uma certa homogeneidade das temperaturas.

O processo de resfriamento do ar começa a ocorrer a partir das 16h em todos os postos. Na estação meteorológica do IAG a temperatura média é inferior aos demais postos. Observa-se que o Posto C apresentou as menores médias horárias no período vespertino e noturno, se comparado com os outros postos da favela.

Observa-se que o Posto D e ELCB apresentam um atraso no resfriamento do ar. Esses postos mantiveram temperaturas mais elevadas em relação aos outros postos nos horários das 22h às 2h.

Na estação meteorológica do IAG ocorreram as menores temperaturas médias horárias entre 02h e 07h, o mesmo observa-se nos Postos A, B e C da favela entre 05h e 07h - com valores entre 15,5°C e 16,5°C. (Figura 7)

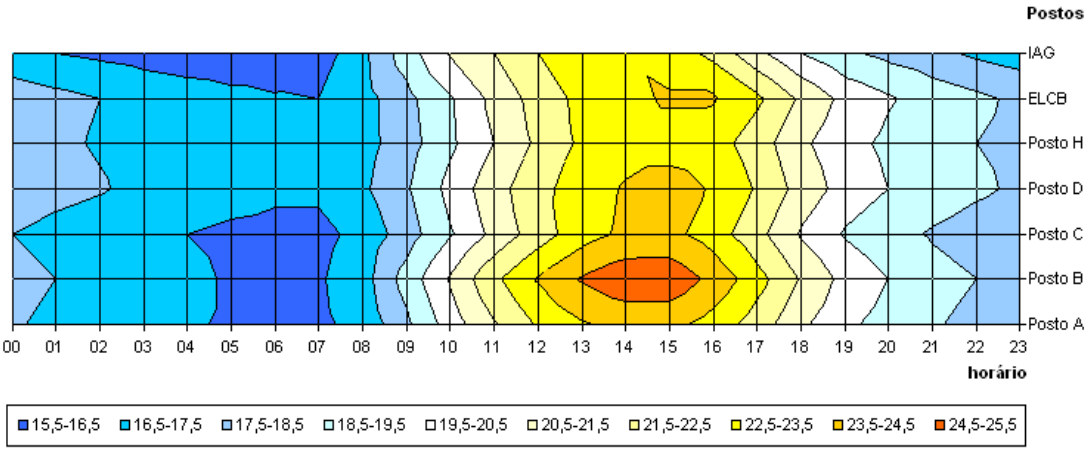

Figura 7- Temperaturas Médias Horárias em °C – Outono

TEMPERATURAS MÉDIAS HORÁRIAS – INVERNO

O período de inverno apresentou temperaturas médias horárias mais baixas do que nos períodos anteriores. Os valores situaram-se entre 13,5oC e 25,5oC. Assim como nas estações anteriores, o Posto B e o IAG apresentaram temperaturas médias mais elevadas, a partir das 9h. O Posto B manteve as temperaturas médias mais elevadas em relação ao outros postos até as 16h. Nos horários de 14h e 15h ocorreram os maiores valores de temperaturas médias – entre 24,5oC e 25,5oC.

Entre 14h e 15h, os Postos A, C, D, H, ELCB e IAG apresentaram os valores máximos de temperatura média – entre 22,5oC e 23,5oC. Às 16 horas, nos Postos C, H e IAG, as temperaturas médias começam a declinar – valores entre 20,5oC e 21,5oC, indicando um maior resfriamento do ar, nestes locais, em relação aos demais. Às 23h, observa-se temperaturas médias mais baixas nos postos A, C e IAG. Os Postos D, H e ELCB apresentaram temperaturas médias mais elevadas em relação aos outros postos até as 03h.

Na estação meteorológica do IAG ocorreram as menores temperaturas médias no período de 02h até as 07h da manhã e o mesmo pode ser observado às 7h nos Postos A, B e C – com valores de temperaturas entre 13,5o C e 14,5o C. (Figura 8)

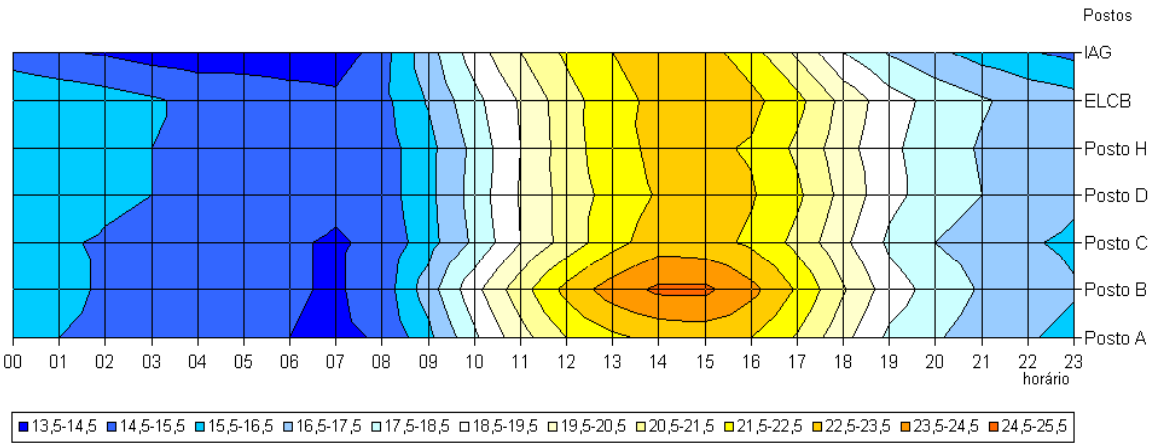

Figura 8- Temperaturas Médias Horárias em ^{o}C –Inverno

UMIDADE MÉDIA HORÁRIA – SAZONAL

As umidades médias horárias, nas estações do verão, outono e inverno apresentaram valores entre 50% e 100%.

A distribuição das umidades médias horárias seguiu basicamente o mesmo padrão de distribuição, nas três estações. ELCB, o IAG e o Posto B apresentaram-se com umidade mais baixa do que outros postos da favela e não favela, na maior parte do período. No período da madrugada, a umidade relativa manteve-se elevada em todos os postos – entre 90% e 100%. O Posto B e o IAG apresentaram-se com os menores índices de umidade relativa no início da tarde. Esse padrão modificou-se conforme a estação do ano: no inverno há um aumento do período com predomínio de menor umidade relativa – abaixo de 60%, no Posto B e no IAG. No Posto C, principalmente no inverno, os valores de umidade relativa foram mais elevados por um período mais longo do dia. (Figuras 9, 10, 11)

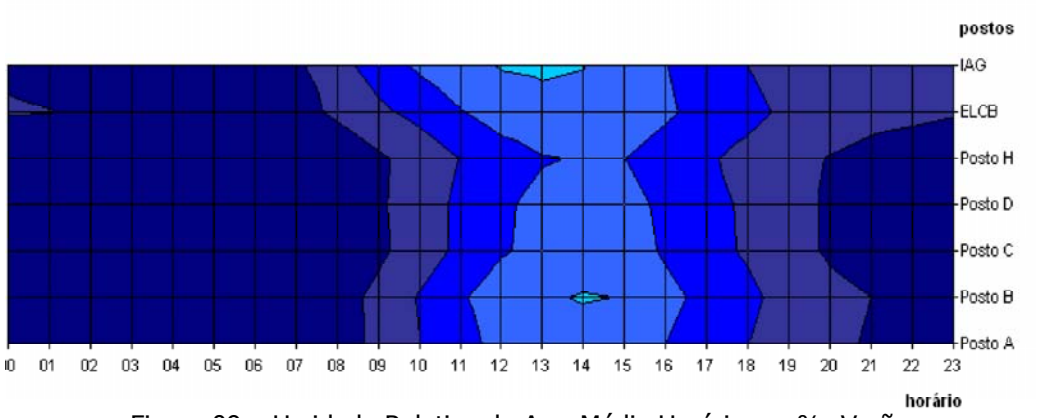

Figura 09 – Umidade Relativa do Ar – Média Horária em % -Verão

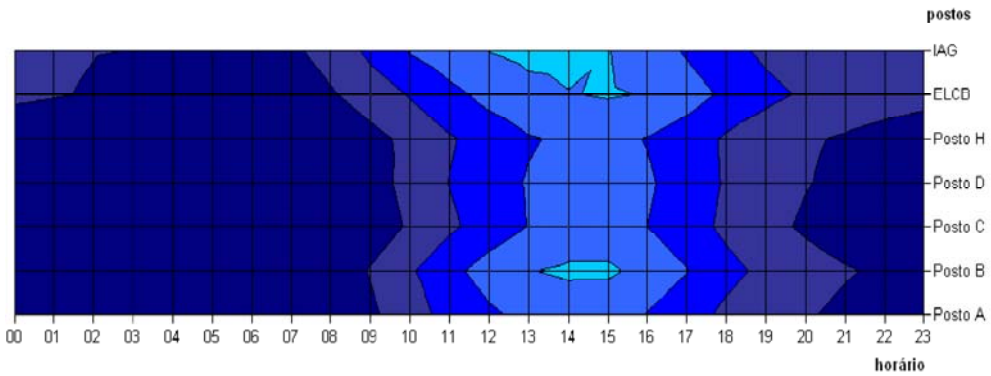

Figura 10 – Umidade Relativa do Ar – Média Horária em % - Outono

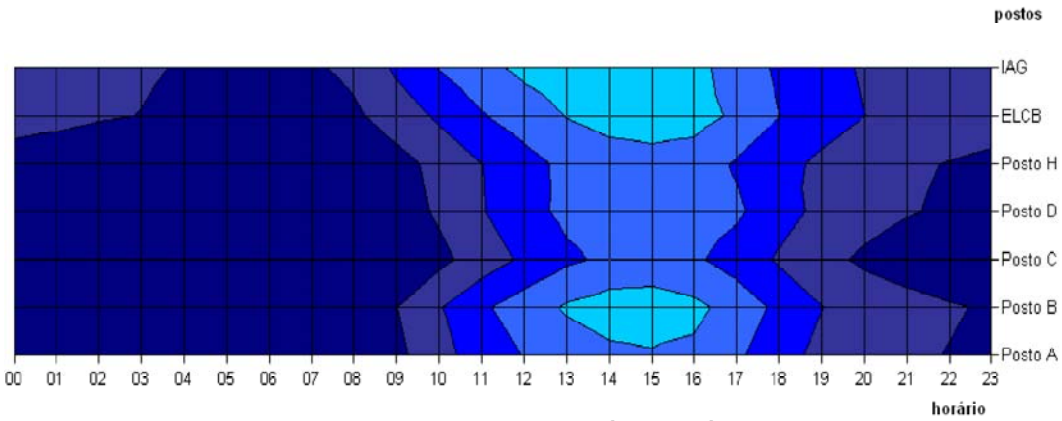

Figura 11 – Umidade Relativa do Ar – Média Horária em % - Inverno

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os aspectos do microclima

O uso e ocupação do solo e o arruamento da favela consistiram fatores diferenciadores das características térmicas. Nos ambientes abertos – Postos A e B –, bem como no Posto C (córrego do Brejo), os contrastes térmicos foram mais acentuados, sobretudo nas estações mais frias – outono e inverno. Houve maior aquecimento diurno e maior resfriamento noturno. No espaço mais fechado – Posto D –, houve atenuação das temperaturas mais elevadas e mais baixas em relação aos micro-ambientes da favela e ao ELCB.

As condições térmicas do Posto H – fora da favela – foram atenuadas. Acredita-se que a largura da rua, o espaçamento entre as casas e a presença de uma grande massa verde - árvores e jardins - contribuiu para atenuação tanto em relação às temperaturas mais elevadas quanto em relação às temperaturas mais baixas.

Os dados obtidos confirmam a afirmação de OKE (1978 p.251), de que não é possível estabelecer um padrão de comportamento climático no interior de um canyon urbano, pois vários fatores interferem na caracterização do seu microclima: a orientação das ruas que implica em diferenças na incidência do ângulo solar, as características dos materiais de construção e da geometria da rua, ou seja, a relação largura/altura. Esta relação definirá a maior ou menor capacidade de penetração da energia solar no interior do canyon.

Contudo, LACHAL e WEBER (s/d) afirmam que, numa rua estreita, a totalidade da radiação que entra no ambiente atmosférico é absorvida devido às múltiplas reflexões independente de sua orientação. Nessas ruas, o calor é absorvido principalmente pelas paredes dos edifícios. Já numa rua larga, a maior ou menor absorção de calor depende da orientação da rua, sua geometria e das cores das paredes.

A Rua Rudolf Lotze – Posto B – é uma das ruas principais da favela. É uma rua larga com largura de 8 m, o que permite entrada de insolação na sua base, contribuindo para o aquecimento o ar. Contudo, o padrão do uso do solo, ou seja, o adensamento da ocupação por moradias, a falta de arborização, o calçamento da rua e intenso trânsito de veículos podem aumentar o aquecimento. A análise sazonal das temperaturas médias horárias identificou maior resfriamento nas estações do outono e inverno, nos horários entre 5h e 7h, em relação ao Posto D, H e ELCB.

O Posto C corresponde ao Córrego do Brejo. Neste local, as casas são de madeira e ficam em cima do córrego – em palafitas. Contudo, a visão do céu é menor do que na rua principal devido à largura (aproximadamente 1,0 m), ao adensamento e à altura das casas. Dessa maneira, a entrada de radiação solar é menor do que na rua principal. Assim, esse local apresentou as menores temperaturas, na maior parte do período, o que pôde ser observado nos valores de médias horárias.

No Posto C, as temperaturas declinam antes do que nos outros postos da favela, como pode ser observado nos gráficos de média horária. Nas estações do outono e inverno – tal como ocorreu no Posto B - este local apresentou um máximo de resfriamento no início da manhã, entre 5h-7h.

Este micro-espaço apresentou, ainda, um alto grau de umidade relativa do ar, conforme pôde ser observado nos gráficos de umidade média diária e de umidade média horária. A sobretaxa de umidade, provavelmente, refere-se não somente ao fato dessa estação estar sobre um córrego, mas também porque, nesse espaço, os encanamentos de água e esgoto são aéreos, há torneiras e tanques que freqüentemente estão vazando e, além disso, é o único lugar onde os moradores lavam e secam suas roupas. O material utilizado nas casas (madeira) contribui também com a retenção de água. Dessa forma, a grande disponibilidade de água no ambiente pode contribuir para os mais elevados níveis de umidade do ar.

O Posto A – Trav. Nossa Senhora Aparecida – correspondeu a uma situação intermediária. Neste local, a menor largura da rua (4m) em relação ao Posto B, o adensamento e altura das casas diminuem a visão do céu o que restringe a entrada de radiação solar na base da rua. Este local mostrou-se amenizador das temperaturas mais elevadas em relação ao Posto B, ou seja, as temperaturas mais elevadas ocorreram com menor freqüência do que na rua Rudolf Lotze, no período diurno. Contudo, neste posto, também se observou o contraste térmico acentuado. Este fato pode ser constatado na análise das temperaturas médias horárias. Observa-se um maior resfriamento nas estações de outono e inverno, no período da madrugada.

O Posto D – Viela do Mota – representa um viela muito estreita com 1,2 m de largura. A densidade das construções, a altura das casas – algumas com dois andares avançando para a área do corredor - fazem desse ambiente um corredor quase fechado. Por isso, há menor entrada de radiação solar na base da viela.

Nos gráficos de temperaturas médias horárias, pode-se perceber que, nos horários de maior aquecimento do ar – 14h-15h, as temperaturas, no Posto D, apresentaram-se mais baixas do que nos outros postos da favela, muito provavelmente devido à menor entrada de radiação solar e ao sombreamento deste ambiente.

No Posto D, houve atraso no resfriamento do ar, em relação aos outros postos da favela, ou seja, as temperaturas médias horárias mantiveram-se elevadas por um período maior de tempo. Não ocorreu, neste posto, o maior resfriamento do início da manhã, reforçando a idéia de armazenamento de calor neste micro ambiente. Em outras palavras, não ocorreu o maior aquecimento e resfriamento do ar verificado nos outros postos.

Considera-se que as atividades no interior das casas devem se refletir nos espaços externos a elas. O adensamento das casas e o isolamento precário das construções, por exemplo, permitem a transmissão para o espaço externo do calor produzido nos espaços internos, contribuindo para o aquecimento do ar nestes micro-ambientes.

LACHAL E WEBER (s/d) afirmam que as ruas estreitas apresentam condições climáticas homogêneas no tempo e no espaço. BOURBIA E AWBI (2003) também encontraram menor variação de temperaturas em ruas estreitas. ASSIS E FROTA (1999) mostraram que, em áreas com construções densas e altas há uma tendência de armazenamento de calor no verão e no inverno.

Os Postos A, B e C apresentaram maior resfriamento no final da madrugada (entre 5 e 7 horas) nas estações do outono e inverno, em relação aos outros postos. Este fenômeno pode tanto estar relacionado às características do material – asfalto e concreto- quanto ao posicionamento dos postos, ou seja, a localização em um fundo de vale. O ar frio das áreas mais elevadas escoaria para as áreas mais baixas formando uma pequena inversão.

Como vimos, no Posto D, este fenômeno de maior resfriamento não ocorreu, muito embora este local também esteja localizado em fundo de vale. Neste caso, a influência topográfica, neste micro-ambiente, pode ter sido eliminada devido ao padrão de arruamento/adensamento.

O Posto H – Rua Silveira Sampaio – representou uma rua larga – 12m -, arborizada, com espaçamento entre as casas, presença de jardins nas casas e calçadas.

Os dados obtidos, neste local, indicaram as melhores condições de conforto térmico. As temperaturas médias horárias foram menores em até 3oC – no período diurno - em relação à favela. No outono e inverno, a atenuação foi de até 2oC, no período diurno, o que confirma a condição amenizadora deste ambiente em relação às temperaturas elevadas. Não observamos, neste posto, o maior resfriamento ocorrido na favela, fato que pode estar relacionado tanto ao padrão do uso do solo quanto à posição topográfica - a rua situa-se aproximadamente 15 metros acima dos postos da favela. Deste modo, o ar frio escoaria para o fundo de vale sendo substituído por ar mais quente, uma inversão térmica local.

O presente estudo mostrou que as temperaturas não estão distribuídas de forma homogênea na favela e que o padrão de arruamento, adensamento, tipo de material de construção são fatores diferenciadores dos atributos microclimáticos. A favela mostrou ser um ambiente onde ora as temperaturas são mais elevadas, ora mais baixas em relação aos outros postos da cidade e da rua adjacente. Em outras palavras, aguçou os extremos.

As médias horárias da umidade relativa nos postos A, C, D e H apresentaram-se mais elevadas em relação às estações meteorológicas da cidade em todo o período. O Posto B apresentou valores de umidade mais baixos, igualando-se às estações meteorológicas da cidade, principalmente no período diurno.

O perfil da umidade relativa não se alterou muito nas diferentes estações do ano. No inverno, ocorreram médias de umidade relativa mais baixas, no período da tarde, nas estações meteorológicas da cidade e do Posto B. Os resultados indicaram a produção e/ou manutenção de umidade no interior dos micro-espaços

O estudo confirma a declaração de TARIFA e ARMANI (2001), de que as favelas são ambientes onde ocorrem extremos de aquecimento e resfriamento, como já mencionado anteriormente. Também corroborou com a afirmação dos autores quando se referem ao bairro do Morumbi e ao fato de as favelas apresentarem em média 2o C a 3o C a mais. Esta variação pôde ser constatada, na área de estudo, no período de maior aquecimento do ar, entre 13h-16h, quando analisadas as médias horárias. No restante do período há armazenamento de calor de maneira não uniforme.

Pode-se, diante de todas essas observações, levantar algumas questões pertinentes à saúde dos moradores de Paraisópolis. Essas diferenças de temperatura são significativas para desencadear doenças? Afetam a saúde da população ali residente? Constituem em fator de risco a população? A população está submetida a piores condições, do ponto de vista higrotérmico?

Para responder a estas questões há necessidade de novos estudos e maior aprofundamento da pesquisa a fim de compreender a capacidade de resiliência da população aos rigores e à variabilidade térmica, sobretudo em áreas urbanas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

A presente pesquisa permitiu verificar que a favela constitui-se em um ambiente que: a) aguça os extremos tanto em relação às temperaturas mais elevadas quanto em relação às temperaturas mais baixas; b) apresenta maior contraste de temperatura diária, ou seja, maiores amplitudes térmicas em relação à rua adjacente e à cidade; c) apresenta diferenças entre as características de temperatura e umidade nos micro-espaços, devido ao padrão de arruamento e adensamento; d) na Rua Silveira Sampaio (fora da favela, mas em seus limites), arborizada, com padrão de urbanização espaçado e com jardins apresentou característica amenizadora das temperaturas, tanto das mais elevadas quanto mais baixas; e) apresenta produção de umidade nos micro-ambientes, exceto na rua mais larga da favela.

A ação humana no nível micro chega ao seu máximo de intervenção. O homem pode, a partir de controles de rua (arborização, por exemplo) e de técnicas de construção, criar ambientes mais ou menos confortáveis do ponto de vista microclimático. Segundo MONTEIRO, (1990) " numa escala tão dominável que o homem pode criar condições diferentes e alheiadas das condições reais oferecidas pela natureza" . Com relação à favela Paraisópolis, o ordenamento espontâneo indicou a criação de ambientes agravantes dos atributos climáticos.

Além disso, deve-se considerar a população desses ambientes. No município de São Paulo, há cerca de 1 milhão de pessoas vivendo em favelas, constituídas por um número muito grande crianças as quais são mais vulneráveis aos efeitos nocivos da degradação atmosférica.

Contudo, esta pesquisa foi realizada em um setor da cidade de São Paulo – o bairro do Morumbi - que, considerado em mesoescala, possui melhor qualidade ambiental atmosférica, como verificado e discutido por alguns autores (LOMBARDO, 1984; TARIFA E ARMANI, 2001, PMSP, 2003). É possível que, em bairros ou setores da cidade, onde a atmosfera seja mais degradada, no nível de mesoescala, os impactos em ambientes de favela sejam ainda mais graves.

REFERÊNCIAS

ASSIS ES. e FROTA AB. Urban bioclimatic design strategies for a tropical city in Atmospheric Environment no. 33, 1999, pág.4135-4142.

AZEVEDO TR. de e TARIFA JR. Estudo comparativo do desempenho de miniregistradores digitais de temperatura e umidade do ar em abrigo meteorológico padrão e no miniabrigo meteorológico aspirado. Revista Geousp-Espaço e Tempo. São Paulo no.11, junho de 2002, p.129-142.

AZEVEDO TR. de e TARIFA JR. Miniabrigo meteorológico aspirado do Laboratório de Climatologia e Biogeografia e seu uso no estudo geográfico do clima. Revista Geousp-Espaço e Tempo. São Paulo no.10, dezembro de 2001, p.165-174.

BASE S/A Fotografias Aéreas. Faixas 013 e 014. Escala 1:6.000, vôo maio de 2000.

BOURBIA F. e AWBI HB. Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate. Part 1: Air and surface temperature measurements in Renewable Energy, 2003. disponível em www.elsevier.com/locate/renene

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2000. http://www.ibge.gov.br último acesso em 28/10/2003.

INSTITUTO DIADEMA DE ESTUDOS MUNICIPAIS (IDEM) – Censo de Morbilidade do Hospital Israelita Albert Einstein - Paraisópolis, 1997 (mimeo.).

JENDRITZKY G., et al. Urban Bioclimatology. In Report of the Technical Conference on Tropical Urban Climates, WCASP-30 WMO/TD no.647, 1994.

LACAZ CS. Meteorologia Médica in LACAZ, CS et al. Introdução à geografia médica do Brasil. São Paulo:Edgard Blücher/Editora da Universidade de São Paulo, 1972, págs.39-84.

LACHAL B., WEBER W. Siting and Microclimate. In Pacool Handbook. Chapter 2.

LOMBARDO MA. Ilha de Calor nas Metrópoles: O Exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec; 1985.

MARQUES E., TORRES H., SARAIVA C. Favelas no Município de São Paulo: estimativas de população para os anos de 1991, 1996 e 2000. In: PMSP/CEM - Base Cartográfica Digital das favelas do Município de São Paulo – HABITASAMPA. 2003. [CDROM]

MENDONÇA (2003)

MONTEIRO CAF. Adentrar a Cidade para Tomar-lhe a Temperatura. Revista Geosul. Florianópolis-SC. vol. 5 n.º 09, p.61-79, 1990.

MONTEIRO CAF. Teoria e Clima Urbano. São Paulo: IGEOG/USP; 1976. Série Teses e Monografias no. 25 (tese de livre-docência).

OKE TR. Inadvertent climate modification in Boundary Layer Climates. London Methuen &Co Ltd. 1978 reprinted 1981. Cap. 8 p. 229-301.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÂO PAULO Atlas Ambiental do Município de São Paulo. Disponível em http://ambiental.prefeitura.sp.gov.br . Último acesso em 09/01/2004.

RIBEIRO H. Ilha de Calor na Cidade de São Paulo: Sua Dinâmica e Efeitos na Saúde da População. São Paulo; 1996 (Tese Livre docência – Faculdade de Saúde Pública da USP).

RIBEIRO H. e AZEVEDO TR. O patrimônio em áreas verdes da USP e a atmosfera urbana. In Meio Ambiente: Patrimônio Cultural da USP. São Paulo:Edusp. 2003. Pág. 18-40.

SECRETARIA MUNICIPAL DE HABITAÇÃO E DESENVOLVIMENTO URBANO E DIAGONAL URBANA Diagnóstico Socioeconômico e Urbanístico Ambiental das comunidades de Paraisópolis, Jardim Colombo e Porto Seguro, 2002. [CDROM].

TARIFA JR e ARMANI G. Os climas “naturais” in TARIFA, J e Azevedo, T R (org.) Os climas na cidade de São Paulo. São Paulo. GEOUSP No. 4, 2001, pág. 34-46.

TARIFA JR e ARMANI G. Os climas urbanos in TARIFA, J e Azevedo, T R (org.) Os climas na cidade de São Paulo. São Paulo. GEOUSP No. 4, 2001, pág. 47-70.

WORLD HEALTH ORGANIZATION & UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAME Indoor Environment: Health Aspects of Air Quality, Thermal Environment, Light and Noise. WHO/EHE/RUD/90.2. Geneva, 1990.